

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of)
OGAWA et al.)
Application Number: To be Assigned)
Filed: Concurrently Herewith)
For: MAGNETIZATION CONTROL METHOD AND)
INFORMATION RECORDING APPARATUS)
ATTORNEY DOCKET NO. HITA.0460)

**Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231**

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of May 14, 2003, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2003-135434.

A certified copy of Japanese patent application 2003-135434, is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,244

Juan Carlos A. Marquez
Registration Number 34,072

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
November 18, 2003

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年 5月14日

出願番号 Application Number: 特願2003-135434

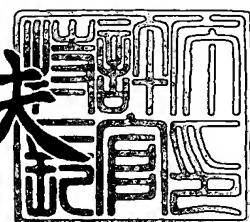
[ST. 10/C]: [JP2003-135434]

出願人 Applicant(s): 株式会社日立製作所

2003年 9月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 NT03P0241
【提出日】 平成15年 5月14日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 21/21
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内
【氏名】 小川 晋
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内
【氏名】 橋詰 富博
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内
【氏名】 市村 雅彦
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会社日立製作所 基礎研究所内
【氏名】 小野木 敏之
【特許出願人】
【識別番号】 000005108
【氏名又は名称】 株式会社日立製作所
【代理人】
【識別番号】 100068504
【弁理士】
【氏名又は名称】 小川 勝男
【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100086656

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 恭助

【電話番号】 03-3661-0071

【選任した代理人】

【識別番号】 100094352

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐々木 孝

【電話番号】 03-3661-0071

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 081423

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁化制御方法および情報記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも一つの金属探針と、該金属探針に対面する強磁性金属層／非磁性金属層／強磁性金属層を含む多層膜から成り、前記金属探針と前記多層膜との距離をほぼ一定に維持し、且つ、前記金属探針と多層膜との電界を制御して、前記強磁性金属層の少なくとも一つの磁化方向を変化させることを特徴とする磁化制御方法。

【請求項 2】

前記多層膜の前記金属探針の対面している面と反対側に反強磁性層を設けた請求項 1 記載の磁化制御方法。

【請求項 3】

少なくとも一つの金属探針と、該金属探針に対面する強磁性金属層／非磁性金属層／強磁性金属層を含む多層膜から成り、前記金属探針と前記多層膜との距離をほぼ一定に維持し、且つ、前記金属探針と多層膜との電界を制御して、前記強磁性金属層の少なくとも一つの磁化方向を変化させて、電界に対応した情報を記録することを特徴とする情報記録装置。

【請求項 4】

少なくとも一つの金属探針と、該金属探針に対面する強磁性金属層／非磁性金属層／強磁性金属層を含む多層膜から成り、前記金属探針と前記多層膜との距離をほぼ一定に維持し、且つ、前記金属探針と多層膜との電界を制御して、前記強磁性金属層の少なくとも一つの磁化方向を変化させて、電界に対応した情報を記録するとともに、前記金属探針と前記多層膜との間にトンネル電流を流すための電圧を印加して、前記情報に対応した電界による磁化方向の変化に対応したトンネル電流の変化により、記録された情報を読み取ることを特徴とする情報記録装置。

【請求項 5】

前記多層膜が円板状記録媒体として形成されて回転させられるものであり、前

記多層膜に対向して設けられる金属探針が、一端が回転可能に支持され他端側が円板状記録媒体に延伸されたアームの先端部に設けられるとともに、アームの先端部には、さらにスライダーが設けられ、該スライダーにより前記金属探針と前記多層膜との距離をほぼ一定に維持し、且つ、前記金属探針と多層膜との電界を制御して、前記強磁性金属層の少なくとも一つの磁化方向を変化させて、電界に対応した情報を記録するとともに、前記金属探針と前記多層膜との間にトンネル電流を流すための電圧を印加して、前記情報に対応した電界による磁化方向の変化に対応したトンネル電流の変化により、記録された情報を読み取る請求項4記載の情報記録装置。

【請求項6】

前記トンネル電流に代えて、前記アームの先端部に設けられたGMR素子もしくはTMR素子により記録された情報を読み取る請求項5に記載の情報記録装置。

【請求項7】

前記一つの金属探針に代えて、所定の間隔で配列された複数の金属探針を備え、該複数の金属探針に対面する強磁性金属層／非磁性金属層／強磁性金属層を含む多層膜から成り、前記金属探針と前記多層膜との距離をほぼ一定に維持し、且つ、前記金属探針と多層膜との電界を制御して、前記強磁性金属層の少なくとも一つの磁化方向を変化させて、前記複数の金属探針ごとに電界に対応した情報を記録するとともに、前記金属探針と前記多層膜との間にトンネル電流を流すための電圧を印加して、前記複数の金属探針ごとに前記情報に対応した電界による磁化方向の変化に対応したトンネル電流の変化により、記録された情報を読み取る請求項4記載の情報記録装置。

【請求項8】

前記多層膜の前記金属探針に対面する強磁性金属層が記録される情報単位に空間的に分割された領域とされている請求項3ないし7のいずれかに記載の情報記録装置。

【請求項9】

前記多層膜の前記金属探針の対面している面と反対側に反強磁性層を設けた請

求項3ないし7のいずれかに記載の情報記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁化情報の書き込みおよび読み取りを行なう方法およびその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のハードディスクドライブ装置（HDD）における磁化情報の書き込みには、コイルから発生する磁界を用いた磁気ヘッドによる書き込み手法が用いられている。HDDはさらなる高密度記録を求められている。高密度化による記録ドメインの微細化に対応して、磁気ヘッドが微細化していくと、磁気ヘッド先端部に生じる反磁界成分の影響により磁気ヘッドからの発生可能磁界強度が減少することが知られている。また、記録ドメインが微小になると、書き込まれた磁化方向の熱的不安定性を克服するために、より磁気異方性の大きな材料が必要となるため、より大きな書き込み磁場が必要とされる。従って、高密度記録における磁化書き込み手法において、従来の磁気ヘッドに代わる書き込み手法が求められている。

【0003】

一方、磁気ランダムアクセスメモリ（MRAM）に代表される不揮発性磁化を用いた固体メモリにおいても、従来の電流を用いた磁化書き込み手法では、微細化に伴い消費電力が増大することが知られている。

【0004】

これら電流により生じる磁場を用いた磁化書き込み手法に代わる手法として、スピン注入磁化反転を用いた書き込み手法が提案されている。これはスピン偏極電子を磁性体に注入することにより磁化反転を行ない、書き込みを行なう手法であるが、書き込み電流しきい値が $10^7 A/cm^2$ と大きいため、消費電力を小さくすることが本質的に困難である。

【0005】

別の書き込み手法として、電界を用いた磁化制御手法が提案されている。例えば、非特許文献1によれば、強磁性体金属／半導体／強磁性体金属の積層構造において、半導体層中のキャリア濃度を電界により制御することにより、強磁性体間に生じる交換相互作用を制御しようとするものである。また、例えば非特許文献2によれば、強磁性体金属／非磁性金属／絶縁体層／強磁性体金属のように強磁性体金属／非磁性金属／強磁性体金属の三層構造の内部に、絶縁体層を設け、強磁性金属層間に電圧を印加することにより強磁性体間に生じる交換相互作用を制御しようとするものである。

【0006】

また、例えば、特許文献1によれば、強磁性体金属／非磁性金属／強磁性体金属の三層構造の外部に半導体層を設け、強磁性金属層と半導体界面に生じるショットキー障壁の幅や高さを電界で制御することにより強磁性体間に生じる交換相互作用を制御しようとするものである。これらの電界による磁化制御技術は、高密度記録が可能であり、かつ消費電力の低い技術として有望である。

【0007】

【特許文献1】

特開2001-196661号公報

【特許文献2】

特開平11-73906号公報

【非特許文献1】

Mattsonet et al, Phys. Rev. Lett. 71, 185 (1993)

【非特許文献2】

Chun-Yoel Youi et al., J. Appl. Phys., 87, 5215 (2000)

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

上記の強磁性体金属／非磁性金属／強磁性体金属の三層構造の内部ないしは外部に半導体層、もしくは絶縁層を設け、電圧による磁化制御が可能であるためには、内部に半導体層もしくは絶縁層を設ける場合はその厚さが2 nm程度以下と極めて薄くなければならない。また、外部に半導体層を設ける場合でも、膜厚に

敏感な量子井戸状態を利用するため、原子層レベルで急峻な金属／半導体界面が形成されることが必要である。このような構造を安定に作製することは極めて困難である。

【0009】

さらに、Geの半導体層を設けることにより界面のポテンシャルを制御しようとする特許文献1の開示技術では、強磁性金属層間の磁気的交換相互作用の正負を反転させるまでには至っていない。

【0010】

本発明は、これら従来技術の問題点に鑑みて提案されたものであり、作製が困難な半導体等のポテンシャル制御層を強磁性体金属／非磁性金属／強磁性体金属の三層構造に接して設けず、かつ電界により磁化を制御する方法、およびそれを用いた情報記憶装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、強磁性金属／非磁性金属／強磁性金属の少なくとも3層薄膜構造を持つ多層膜における量子化電子状態を多層膜表面に近づけた金属探針により制御する。この3層薄膜構造の外側に例えばAuの保護膜があってもよい。

【0012】

強磁性金属と、非磁性金属の組み合わせにより、非磁性金属薄膜中に量子井戸準位が形成されることがあることはすでに知られている。この3層薄膜構造もしくは保護膜を含めた多層膜に、金属探針を近付ける。金属探針をこの多層膜に0～10nmオーダに近付け、さらに電界を印加すると、多層膜表面のイメージポテンシャルを変調することが可能である。このイメージポテンシャルは電子を多層膜中に閉じ込めており、このポテンシャルが変調されると、電子の閉じ込め条件が変化する。その結果、多層膜中に形成されている量子準位のエネルギーが変化し、強磁性金属間に働く交換相互作用の正負を変化させることが可能である。

【0013】

【発明の実施の形態】

図を参照して本発明による金属探針による電界印加による磁化制御の原理を説明する。

【0014】

(実施例1)

実施例1を図1から図3を参照して説明する。図1は、実施例1の磁気記憶板50とこれに対面して設けられる金属探針5およびその制御関連の構成を示す概念図である。磁気記憶板50は基板100上に形成された強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3、保護膜4よりなる多層膜41より構成されている。多層膜41の保護膜4の面に対向して、1nmレベルの極めて近い距離に金属探針5が配置される。金属探針5は、いわゆる原子間力顕微鏡(STM)の探針と同様に保持、制御される。概要を示せば、下記のようである。金属探針5は板バネ6の先端に固着されており、板バネ6の他端はピエゾ素子16の可動端に固着されている。ピエゾ素子16の他端は、ホルダ11の一部に固着されている。ホルダ11のピエゾ素子16が固着されている端部と反対側の面は、図にハッチングで示す装置の固定部に固着される。ホルダ11のピエゾ素子16が固着されている端部側には、半導体レーザ12とポジションセンサ13とが備えられる。

【0015】

半導体レーザ12の照射するレーザ光線は前記金属探針5を保持している板バネ6の背面で反射されて、ポジションセンサ13で検出される。半導体レーザ12とポジションセンサ13とは、保護膜4と金属探針5との距離に応じて電圧eを出力する関係に配置される。この電圧eと目標電圧e0とが加算回路14に図に示すように、逆符号で加えられる。15は積分動作を持った制御回路であり、加算回路14から与えられる誤差電圧が零になるまで出力を変化させる。いま、制御回路15の入力電圧が零となって、その状態の制御回路15の出力に応じた状態にピエゾ素子16があるとき、目標電圧e0を増加させると、その分だけ制御回路15の出力は増大して、ピエゾ素子16が伸びる。その結果ポジションセンサ13の受けるレーザ光線の位置が変わり、電圧eが増大する。電圧eの増大分と目標電圧e0の増加分が等しくなると、制御回路15の積分動作は止まり、その状態で安定する。すなわち、目標電圧e0を多層膜41の保護膜4の面と金

属探針5との距離（1nm）に対応した値に選択すれば、両者の距離を1nmに保った状態になる。

【0016】

保護膜4と金属探針5との距離が1nmレベルにあるときは、両者間に吸引力が作用するから、磁気記憶板50の位置が変わったとき、保護膜4と金属探針5との距離が大きくなれば、金属探針5が多層膜41の面に追従するように移動する。このとき、ポジションセンサ13が受ける半導体レーザ12の照射するレーザ光線の位置の変位に応じてポジションセンサ13から出力される電圧eが増大する。逆に、保護膜4と金属探針5との距離が小さくなれば、金属探針5が多層膜41の面に押し上げられるように移動する。このとき、ポジションセンサ13が受ける半導体レーザ12の照射するレーザ光線の位置の変位に応じてポジションセンサ13から出力される電圧eが減少する。この増加、減少に応じて、ピエゾ素子16が伸び、または、縮小するから、保護膜4の面と金属探針5との距離は、所定値に維持される。保護膜4と金属探針5との距離の制御にはトンネル電流を用いても良く、距離制御用の探針を以下に述べる電界制御用の金属探針5とは別に用意しても良い。

【0017】

多層膜41の強磁性金属層1および3としては、例えばFe, Co, Ni, 等の強磁性単体金属またはその合金が使用できる。非磁性金属層2としては、例えばAu, Ag, Cu, Pt等の金属が使用できる。保護膜4は例えばAuのような非磁性貴金属であるが、保護膜4は無くてもよい。

【0018】

多層膜41中のフェルミ準位近傍の電子は、多層膜41中に閉じ込められており、図1に模式的に示す量子井戸状態7～10を形成する。

【0019】

図1の右半分の領域は、強磁性金属層1および3の磁化の方向が太い矢印のように平行な場合であり、この場合には、その磁化と平行な細い矢印のような電子スピンを持つ電子の状態は参照符号8のように非磁性金属層2中にほぼ閉じ込められる。これに対し、磁化と反平行な細い矢印のような電子スピンを持つ電子の

状態は参照符号7のように多層膜41中の全体に閉じ込められる。

【0020】

一方、図1の左半分の領域は、強磁性金属層1および3の磁化の方向が反平行な場合であり、この場合には、電子の状態はそのスピンの向きに依存して参照符号9で示すように、膜1～2中に閉じ込められ、あるいは、参照符号10で示すように、膜2～3中に閉じ込められる。

【0021】

これらの量子井戸を形成する電子の状態は、強磁性金属層1および3の磁化の方向に依存するだけでなく、保護膜4の表面の状態に敏感に依存する。保護膜4の表面に金属探針5を近付けると、保護膜4と金属探針5のイメージポテンシャルが重なり合い、量子井戸電子を閉じ込めている実効的なポテンシャルが変形する。

【0022】

一方、保護膜4の面と金属探針5との距離を所定値に維持した状態で、多層膜41と金属探針5との間に電圧 E_0 または $-E_0$ を印加できるようにしている。すなわち、スイッチ17または18を選択的にオンとして電圧 E_0 または $-E_0$ を印加すると、保護膜4の表面における閉じ込めポテンシャルが変化する。その結果、量子井戸電子を閉じ込める境界条件が変化するため、量子井戸電子のエネルギー準位が変化する。

【0023】

この量子井戸準位のエネルギーが変化することにより、強磁性金属層1および3の相対的な磁化の方向が変化する。強磁性金属層がCoで非磁性金属層がPtの場合は、磁化方向が膜面に垂直方向であるが、同様に量子井戸準位を制御することが可能である。

【0024】

図2は、保護膜4がない場合の多層膜41の表面におけるポテンシャル障壁の高さ(eV)を金属探針5と多層膜41の表面との距離により変化させた時の、強磁性金属層1と3との間に働く磁気的交換相互作用Jの大きさを計算例を示す図である。ポテンシャル障壁の高さを変化させることで、強磁性金属層1/非磁

性金属層2／強磁性金属層3中に生じる量子井戸状態の閉じ込め条件が、界面での反射位相の変化を通じて変化する。ここで強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3はそれぞれFe, Au, Feであり、各膜厚は、1.43nm, 2.04nm, 1.43nmである。

【0025】

磁気的交換相互作用Jが正の場合は、強磁性金属層1および3の相対的な磁化の方向は反平行状態が安定であり、Jが負の場合は、平行状態が安定である。多層膜表面の仕事関数、金属探針5と多層膜41表面との間の距離や電界を変化させることで、多層膜表面のポテンシャル障壁高さを0eV以上の適当な値に設定することが可能である。金属探針5と多層膜41の表面との距離や電界を変化させることで、強磁性金属層3の表面におけるポテンシャルを変形させることにより、強磁性金属層1と3との間に働く磁気的交換相互作用Jを正にも負にもすることが可能であり、かつ、 0.1mJ/m^2 程度の交換結合エネルギーの変化は強磁性金属層3の磁化の保持力を十分上回るものである。すなわち、金属探針5により強磁性金属層1および3の相対的な磁化の方向を書き換えることが十分可能であると言える。

【0026】

図2において、ポテンシャル障壁高さが4.8eV付近において、強磁性金属層1と3との間に働く磁気的交換相互作用Jがほぼ零となっている。強磁性金属層3を鉄とすると、鉄の仕事関数は、ほぼ4.8eVであるためJはほぼ零になっている。

【0027】

図1において、針が無くても既に4.8eVになっているため、ポテンシャル障壁高さが4.8eV付近となるようにして、強磁性金属層1と3との間に働く磁気的交換相互作用Jがほぼ零となる範囲内で、目標電圧 e_0 を変化させて、金属探針5を多層膜41表面に近付ける。この状態で、スイッチ17または18を選択的にオンとして電圧 E_0 または $-E_0$ を印加する。スイッチ17をオンとして、金属探針5の電位を正(電圧 E_0)にすると、ポテンシャル障壁の高さが実効的に低くなるために強磁性金属層1および3の相対的な磁化の方向は反平行な状

態が安定となる。一方、スイッチ18をオンとして、金属探針5の電位を負（電圧 $-E_0$ ）にすると、ポテンシャル障壁の高さが実効的に高くなるために強磁性金属層1および3の相対的な磁化の方向は平行な状態が安定となる。

【0028】

図3は、このように金属探針5の電位Vを変化させたときの強磁性金属層1および3の相対的な磁化Mの方向を示す図である。強磁性金属層3には保持力があるため、磁化Mには図3のようなヒステリシスが生じ、金属探針5の電位Vを変化させることで磁化方向の書き込みをすることが可能である。図では、電圧Vが $-E_0$ で平行状態での記憶、電圧Vが E_0 で反平行状態での記憶であることを示している。

【0029】

なお、この書き込みは、金属探針5が多層膜41表面に対して、ポテンシャル障壁高さが4.8eV付近となる位置に保持された状態で行なわれる。したがって、磁気記憶板50の位置が変わったとき、すなわち、記憶領域のアドレスが変わったために、金属探針5がその書き込み位置に無い状態になっても、ポテンシャル障壁の高さは変わらないから、書き込み結果が影響を受けることは無い。

【0030】

図2を参照して分かるように、ポテンシャル障壁高さが2.9eV付近においても、強磁性金属層1と3との間に働く磁気的交換相互作用Jはほぼ零である。したがって、ポテンシャル障壁高さが2.9eV付近でも、上述した、ポテンシャル障壁高さが4.8eV付近における電圧による書き込みおよびその記憶の保持作用を実現することができる。この場合にも、その書き込み位置に金属探針5がなくなっても、ポテンシャル障壁の高さが2.9eVから変わらないように多層膜41の表面の仕事関数を制御することが必要である。

【0031】

上述の説明は、保護膜4がない場合についてのものであるが、保護膜4がある場合も、同様の結果を得ることができる。例えば、保護膜4がある場合は、磁気的交換相互作用Jがほぼ零となるようなポテンシャル障壁高さになるように各膜厚を設定するか、もしくは多層膜表面の仕事関数を制御する。多層膜表面の仕事

関数の制御は、CsやBa等のアルカリ金属、アルカリ土類金属やそれらの酸化物などを多層膜表面に付着させることにより可能である。

【0032】

(実施例2)

実施例2を図4を参照して説明する。図4と図1とを対比して容易に分かるよう、実施例2においては、磁気記憶板50は基板100上に形成された強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3、保護膜4よりなる多層膜41の他に、基板100と強磁性金属層1との間に反強磁性層51が形成されている点においてのみ異なる。

【0033】

実施例2においても、実施例1と同様に、図4の右半分の部分に示すように、強磁性金属層1および3の磁化の方向が平行な場合は、その磁化と平行な電子スピンを持つ電子の状態は参考符号8で示すように、非磁性金属層2中にはほぼ閉じ込められる。磁化と反対方向の電子スピンを持つ電子の状態は参考符号7で示すように、多層膜41中の全体に閉じ込められる。一方、図4の左半分の部分に示すように、強磁性金属層1および3の磁化の方向が反平行な場合は、電子の状態はそのスピンの向きに依存して参考符号9で示すように、膜1～2中に閉じ込められ、あるいは、参考符号10で示すように、膜2～3中に閉じ込められる。

【0034】

実施例2においては、反強磁性層51が形成されているので、強磁性金属層1の磁化の方向が固定される点において実施例1と異なるだけで、金属探針5による書き込み実施例1と同じである。

【0035】

(実施例3)

実施例3を図5を参照して説明する。実施例3では、保護膜4および強磁性層3は、各層の形成時にレジストパターニング、イオンミリング、レジスト除去等の半導体製造技術によるリソグラフィー技術により、図5に示すように、保護膜4および強磁性層3はドット状にパターニングされており、柱状のナノピラー53、54が形成されている。ここで、非磁性金属層2、強磁性層1および反強磁

性層11も含めたナノピラーとしても良いが、ナノピラー形成による記憶特性の向上にはあまり貢献しない。

【0036】

図5と図4とを対比して容易に分かるように、実施例3においては、個々の記憶単位となる領域がドット状にパターニングされており、記憶領域対応の柱状のナノピラー53、54が形成されている点においてのみ実施例2と異なる。ここで、ナノピラーと言うのは、平面上の大きさがnm単位の直径あるいは四角のレベルの柱、と言う意味である。実施例3も、実施例1と同様、反強磁性層11を持たないものとしても良い。

【0037】

多層膜41中のフェルミ準位近傍の電子は、実施例1および2で説明したと同様に、量子井戸状態を形成するが、実施例3では、これらがナノピラー53、54中に閉じ込められる点において実施例1および2とは異なる。形成した量子井戸状態がナノピラー53、54中に閉じ込められるので、隣接した記憶領域の影響を受けにくくなり、記憶特性は向上する。

【0038】

ナノピラーは、現在の磁気記憶ディスクの記憶フォーマットに対応できるように、配列されて構成されるのが良い。また、各ピラー間は、図に示すように、間隙が残った形でも良いが、アルミナ等の絶縁体もしくはSi等の半導体のように、磁性を持たない材料により間隙が埋められているのが良い。間隙が残った形では、記憶ビットの移動に応じて金属探針5がナノピラー間を渡るとき、金属探針5がこの間隙に追従する形となるから、金属探針5あるいはナノピラーを損傷する可能性があるので、移動速度を抑制されることになる。

【0039】

(実施例4)

図6に実施例4の磁気記録装置の構成の概要を斜視図で示す。前述の各実施例の、反強磁性層51、強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3および保護膜4から成る多層膜41を円板状記録媒体20として形成する。多層膜41に対向して設けられる金属探針5はアーム23の先端部に設けられたスライダー

22の下部に取り付けられる。24はアーム23の回転支持軸である。一般の磁気ディスクと同様、円板状記録媒体20をモータにより回転中心21を軸として回転させると、スライダー22は所定の距離だけ浮上する。したがって、金属探針5は多層膜41に対向して、実施例1から3で説明したと同様に、ほぼ一定の距離をもって多層膜41に対向する。

【0040】

円板状記録媒体20の基板側を導電性とし、金属探針5にアーム23を介して電圧を付与することにより、実施例1から3で説明したと同様に、多層膜41に電界を加えれば、多層膜41に磁化方向の形で磁気記録を持たせることができる。円板状記録媒体20の回転の制御と、金属探針5の位置の制御を、一般の磁気ディスクと同様に制御し、金属探針5の電位を記録信号に対応して制御すれば、一般の磁気ディスクと同様の磁気記録装置が実現できる。

【0041】

一方、金属探針5により円板状記録媒体20に書き込んだ磁化方向は、金属探針5と円板状記録媒体20との間に流れる微少なトンネル電流によって読み取ることが可能である。これは、実施例1から3で述べたように、二つの強磁性層の相対的な磁化方向が平行か、反平行かによって、生じる量子井戸状態が異なるため、その量子準位のエネルギーすなわち円板状記録媒体20の状態密度が磁化方向の平行、反平行で異なるためである。図6には、トンネル電流を流すための手段およびこれを検出する手段について、具体的に例示しないが、例えば、図1に示す情報記録のための電圧源E0と同様に、探針5と多層膜41との間に電圧を印加し、これに応じて流れる電流を検出するものとすれば良い。

【0042】

なお、実施例4の磁気記録装置でも、前述の各実施例同様、反強磁性層51を持たないものとしても良いことは言うまでもない。

【0043】

(実施例5)

図7に実施例5の磁気記録装置の構成の概要を斜視図で示す。図7において、25はGMR素子（巨大磁気抵抗効果素子）である。他は実施例4のものと同じ

である。実施例5は、前述の実施例4における円板状記録媒体20の磁化方向の読み取りをGMR素子に流す電流変化により行なう点において実施例4と異なるのみである。円板状記録媒体20に対する金属探針5による磁化方向の書き込みは実施例4と同じである。ここで、GMR素子25の代わりにTMR素子（トンネル磁気抵抗効果素子）を用いても良いことは言うまでもない。

【0044】

なお、実施例5の磁気記録装置でも、前述の各実施例同様、反強磁性層51を持たないものとしても良いことは言うまでもない。

【0045】

（実施例6）

図8に実施例6の磁気記録装置の構成の概要を斜視図で示す。実施例6は、図6に示した実施例4の円板状記録媒体20を実施例3（図5）で述べた反強磁性層51、強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3および保護膜4から成るナノピラー状の記憶単位53、54で構成した例を示すものであり、その他の構成要素は実施例4と同じである。図8中には、円板状記録媒体20の一部領域26を拡大した領域27にナノピラー28が回転中心21の周りに同心円上に配置されている状態を模式的に示す。

【0046】

実施例6でも、アーム23の先端に取り付けられたスライダー22による揚力で金属探針5は円板状記録媒体20と一定の間隔を維持するものであり、金属探針5は任意の位置のナノピラー28に磁化を書き込むことが可能である。一方、金属探針5によりナノピラー28に書き込んだ磁化方向は、金属探針5とナノピラー28との間に流れる微少なトンネル電流によって読み取ることが可能である。もっとも、実施例5のように、アーム23の先端にGMR素子25またはTMR素子を取り付けて、これで円板状記録媒体20のナノピラー28の磁化方向の読み取りをするものとしても良い。

【0047】

なお、実施例6の磁気記録装置でも、前述の各実施例同様、反強磁性層51を持たないものとしても良いことは言うまでもない。

【0048】

(実施例7)

図9に実施例7の磁気記録装置の構成の概要を斜視図で示す。実施例7は、実施例2、3で述べた反強磁性層51、強磁性金属層1、非磁性金属層2、強磁性金属層3および保護膜4から成る多層膜41を用いた記録媒体40と、実施例1から3で採用した金属探針5の位置制御機構を用いて構成した磁気記録装置である。記録媒体40は実施例6で述べたナノピラーから成る記憶単位から構成されてもよい。

【0049】

記録媒体40は固定されている。記録媒体40の多層膜41を形成した面には基板31が対向して設けられる。基板31には板バネ6がX、Y方向にそれぞれ複数個設けられている。それぞれの板バネ6の先端部には金属探針5が設けられている。基板31は可動機構35により記録媒体40の平面(X-Y方向)内およびその垂直(Z)方向に移動することができる。基板31を記録媒体40に対して相対的に移動する範囲は、最大、X方向、Y方向の金属探針5が、隣の金属探針5がデータの書き込みあるいは読み出しをする記憶単位の一つ前までである。ここでは、金属探針5と記録媒体40の多層膜41との距離の制御は省略したが、例えば、特許文献2の実施例V1、V11に例示される光てこ式のAFMによるものとすることができる。

【0050】

各金属探針5には、電線33と、信号処理回路34が接続されており、記録媒体40と金属探針5との間に電界を印加することにより、記録媒体40の磁化方向の書き込みを行なうことができる。記録媒体40に書き込まれた磁化方向は、実施例4と同様、トンネル電流の変化により読み取ることができる。

【0051】

なお、実施例7の磁気記録装置でも、前述の各実施例同様、反強磁性層51を持たないものとしても良いことは言うまでもない。

【0052】

【発明の効果】

本発明によれば、電界による高密度、低消費電力、非接触の磁化記録方法および装置を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1の磁気記憶板50とこれに對面して設けられる金属探針5およびその制御関連の構成を示す概念図。

【図2】

保護膜4がない場合の多層膜41の表面におけるポテンシャル障壁の高さ(eV)を金属探針5と多層膜41の表面との距離により変化させた時の、強磁性金属層1と3との間に働く磁気的交換相互作用Jの大きさを計算例を示す図。

【図3】

金属探針5の電位Vを変化させたときの強磁性金属層1および3の相対的な磁化Mの方向を示す図。

【図4】

図1に示す磁気記憶板50に反強磁性層51を形成した磁気記憶板50の例を示す図。

【図5】

図4に示す磁気記憶板50の保護膜4および強磁性層3をドット状にパターニングした例を示す図。

【図6】

本発明による実施例4の磁気記録装置の構成の概要を示す斜視図。

【図7】

本発明による実施例5の磁気記録装置の構成の概要を示す斜視図。

【図8】

本発明による実施例6の磁気記録装置の構成の概要を示す斜視図。

【図9】

本発明による実施例7の磁気記録装置の構成の概要を示す斜視図。

【符号の説明】

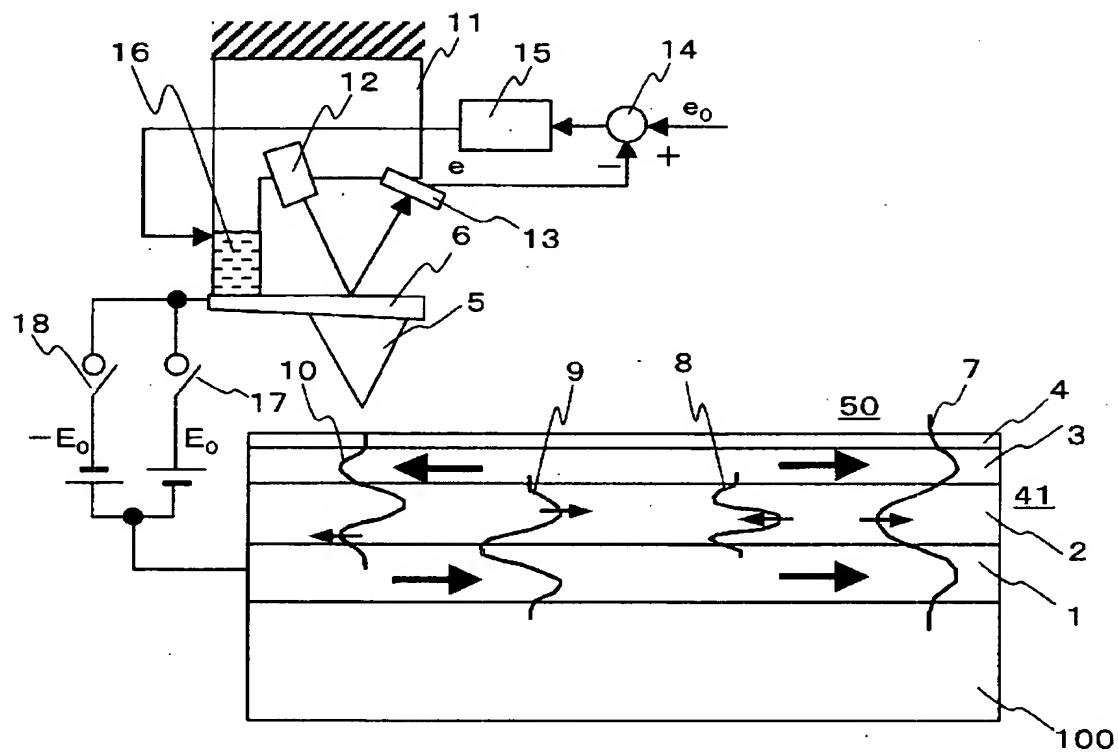
1…強磁性金属層、2…非磁性金属層、3…強磁性金属層、4…保護膜、5…

金属探針、6…板バネ、7…量子井戸状態、8…量子井戸状態、9…量子井戸状態、10…量子井戸状態、11…ホルダ、12…半導体レーザ、13…ポジションセンサ、14…加算回路、15…制御回路、16…ピエゾ素子、17, 18…スイッチ、21…媒体回転軸、22…スライダー、23…アーム、24…アーム回転軸、25…GMR (TMR) 読み出し素子、26…記憶媒体の一部、27…記憶媒体26の拡大部、28…ナノピラー、30…記憶媒体、31…探針基板、32…金属探針、33…電線、34…信号処理回路、35…可動機構、40…記憶媒体、41…多層膜、50…磁気記憶板、53, 54…柱状のナノピラー、100…基板。

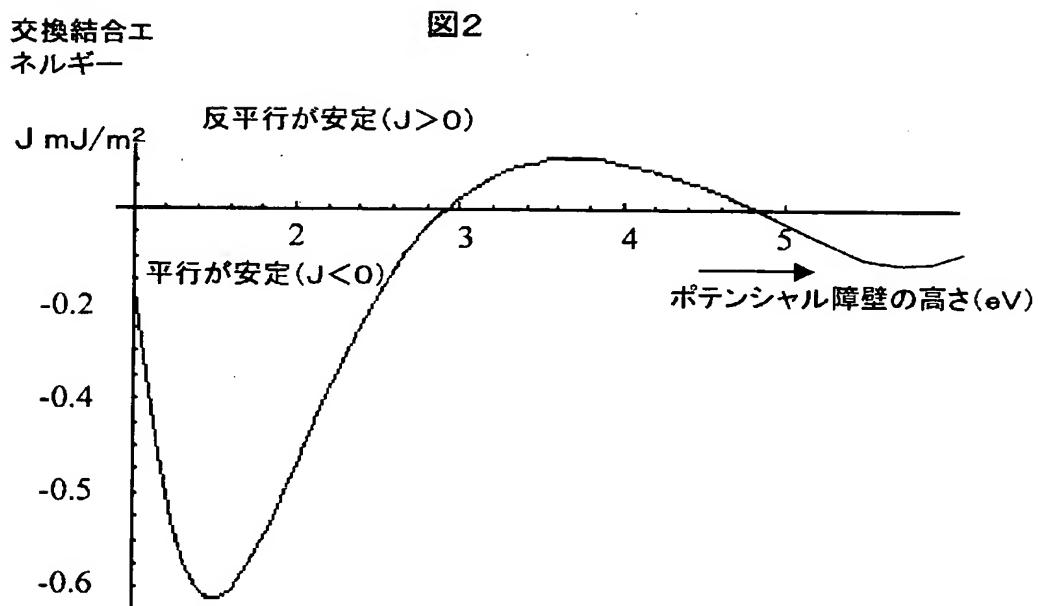
【書類名】 図面

【図1】

図1

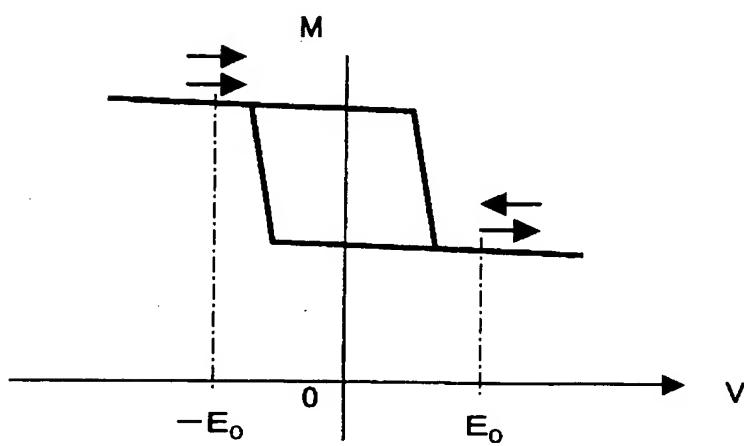


【図2】



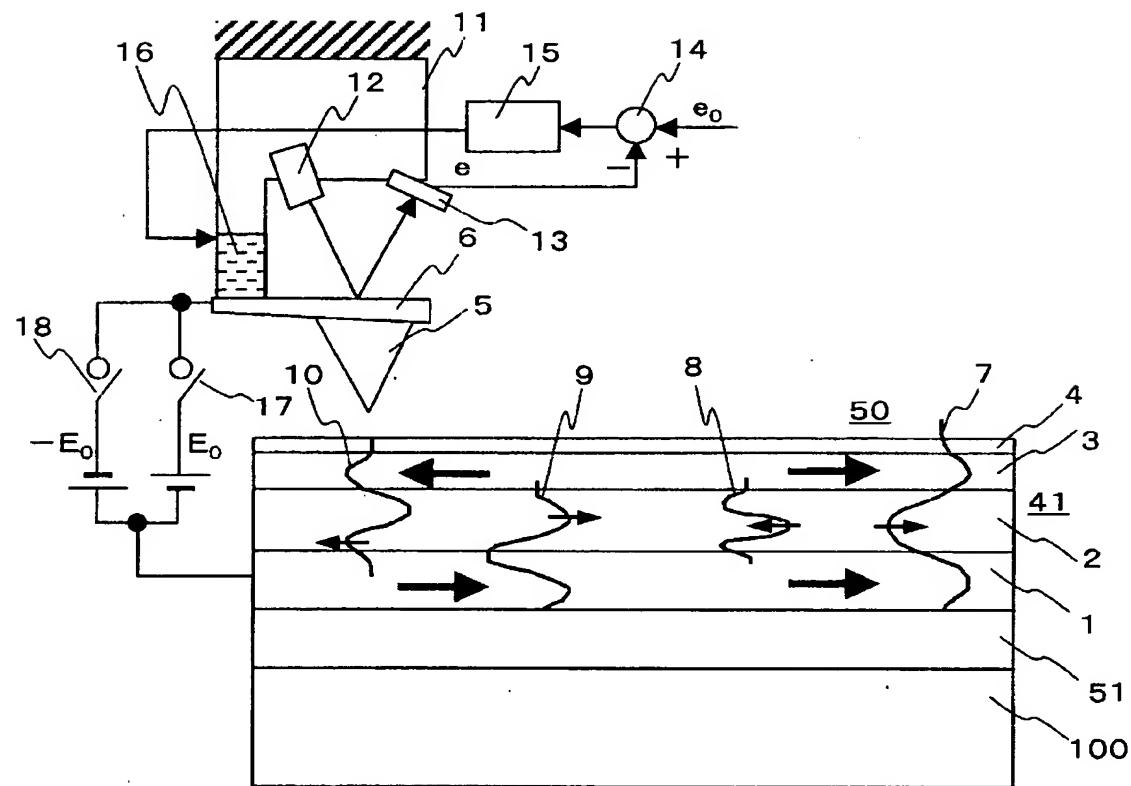
【図3】

図3



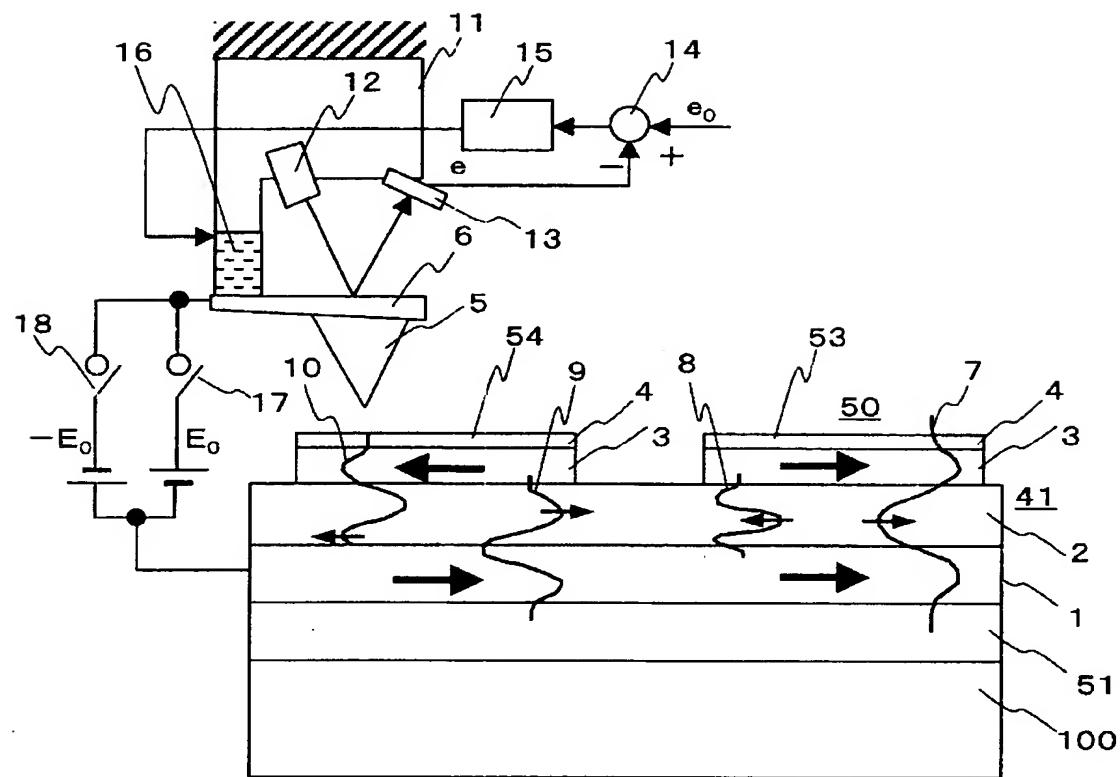
【図4】

図4



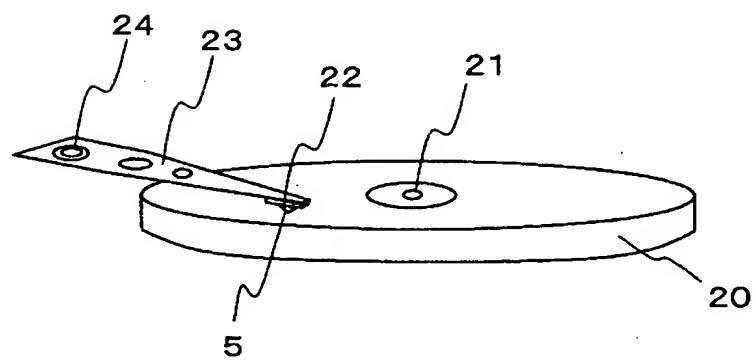
【図5】

5



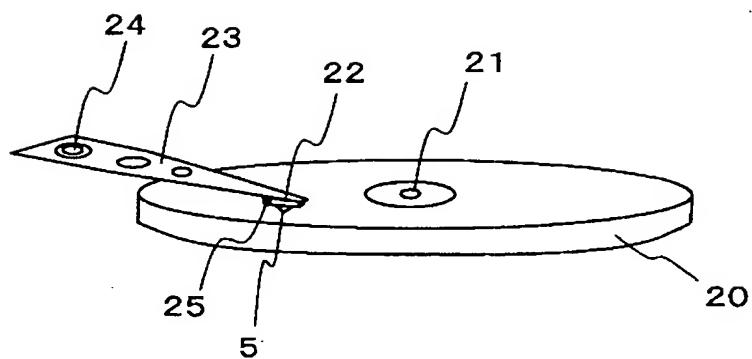
【図6】

图6



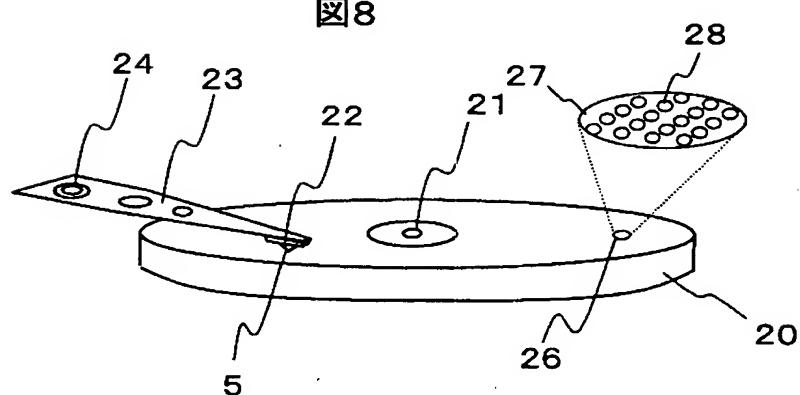
【図7】

図7



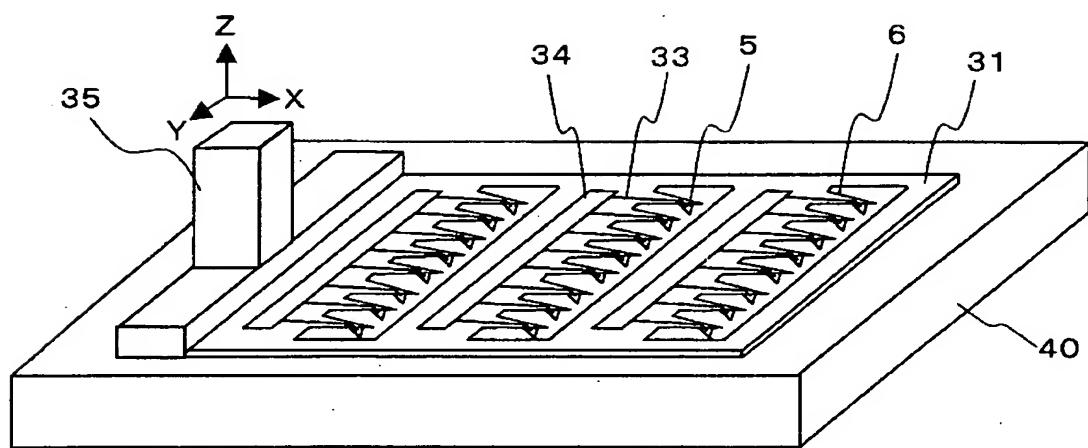
【図8】

図8



【図9】

図9



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ハードディスクの高密度での書き込み、読み出しの困難な磁界に代えて、金属探針により書き込み、読み取りを可能とした情報記憶装置を提供すること。

【解決手段】 磁性金属層／非磁性金属／磁性金属層を含む少なくとも3層薄膜構造を形成し、この多層膜表面に金属探針をナノメートルオーダの距離に近付ける。金属探針と多層膜表面との間の距離、印加電圧を変化させることにより、多層膜中に生じる量子井戸状態を変化させ、磁性金属層間の相対的な磁化を変化させる。磁化情報の読み取りには、磁性金属層間の相対的な磁化方向の変化による量子井戸準位の変化に伴う金属探針と多層膜との間に流れるトンネル電流の変化を利用する。

【選択図】 図1

特願2003-135434

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名 株式会社日立製作所